

农药废水生化处理关键影响因素分析

张友生 王文兵 侯玉涛

绍兴贝斯美化工股份有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i7.8232

[摘要] 本文深入探讨了农药废水生化处理过程中的关键影响因素。首先介绍了农药废水的特点及生化处理的重要性，随后详细分析了水质特性（包括农药种类、有机负荷、营养物质比例等）、微生物群落（活性污泥性质、优势菌种等）、环境条件（温度、pH值、溶解氧等）以及运行参数（停留时间、污泥回流比等）对生化处理效果的影响。通过对这些关键因素的研究，旨在为优化农药废水生化处理工艺提供理论依据，提高处理效率，降低处理成本，实现农药废水的有效治理与达标排放。

[关键词] 农药废水；生化处理；关键影响因素

Analysis of key influencing factors of biochemical treatment of pesticide wastewater

Zhang Yousheng Wang Wenbing Hou Yutao

Shaoxing Besmei Chemical Co., Ltd.

[Abstract] In this paper, the key influencing factors in the biochemical treatment of pesticide wastewater are discussed. Firstly, the characteristics of pesticide wastewater and the importance of biochemical treatment were introduced, and then the effects of water quality characteristics (including pesticide types, organic load, nutrient ratio, etc.), microbial community (activated sludge properties, dominant strains, etc.), environmental conditions (temperature, pH value, dissolved oxygen, etc.) and operating parameters (residence time, sludge reflux ratio, etc.) on the biochemical treatment effect were analyzed in detail. Through the study of these key factors, the aim is to provide a theoretical basis for optimizing the biochemical treatment process of pesticide wastewater, improve the treatment efficiency, reduce the treatment cost, and realize the effective treatment and discharge of pesticide wastewater.

[Key words] pesticide wastewater; biochemical treatment; Key influencing factors

引言

农药在农业生产中发挥着至关重要的作用，然而农药生产过程中产生的大量废水具有成分复杂、毒性高、可生化性差等特点，如果未经有效处理直接排放，将对环境造成严重危害。生化处理技术因具有成本低、处理效果稳定等优点，成为农药废水处理的常用方法之一。但在实际应用中，生化处理效果受到多种因素的综合影响。深入分析这些关键影响因素，对于提升农药废水生化处理系统的性能和稳定性具有重要意义。

1 农药废水生化处理的重要性

农药在现代农业发展进程中扮演着不可或缺的角色，它有效抵御病虫害侵袭，大幅提升农作物产量，保障全球粮食供应稳定。然而，农药生产与使用过程中产生的大量废水，却给生态环境和人类健康带来了巨大威胁。在此背景下，农药废水生

化处理凸显出极其重要的意义。从环境保护角度来看，农药废水成分极为复杂，常含有高浓度有毒有害物质，如有机磷、有机氯、重金属等。若未经妥善处理直接排放，这些污染物会迅速渗透至土壤、水体等生态系统。它们不仅会破坏土壤结构，降低土壤肥力，阻碍农作物正常生长，还会在水体中不断累积，致使水质恶化，严重威胁水生生物的生存繁衍，破坏整个生态平衡。通过生化处理，利用微生物的新陈代谢作用，可将废水中的大部分有机污染物分解转化为无害的二氧化碳和水，大大降低废水对环境的危害，保护生态系统的稳定与安全。对人类健康而言，农药废水若未经有效处理，其中的有害物质会通过食物链的生物富集作用进入人体。长期接触或摄入受污染的食物和水源，可能引发各种疾病，如癌症、神经系统疾病、内分泌紊乱等，严重威胁人类生命健康。生化处理作为一种相对温

和且高效的处理方式，能够去除废水中绝大部分的致病有害物质，减少对人类健康潜在风险，为人们创造一个更安全的生活环境。从经济可持续发展层面考量，农药产业是国民经济的重要组成部分。若农药企业随意排放未经处理的废水，一方面会面临高额的环保罚款，另一方面可能因环境污染问题被迫停产整顿，这无疑会给企业带来巨大经济损失。而采用生化处理技术，不仅能帮助企业实现废水达标排放，避免不必要的经济损失，还能通过资源回收利用，降低生产成本，提高经济效益。同时，良好的生态环境是经济可持续发展的基础，有效处理农药废水有助于维护生态平衡，促进相关产业的健康发展，实现经济与环境的双赢。

2 农药废水的特点

2.1 成分复杂

农药废水的成分复杂性体现在多个层面。首先，农药生产涉及众多化学反应和工艺流程，这使得废水中包含了多种农药原药。不同类型的农药，如有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯等，化学结构和性质差异巨大，它们共同存在于废水中，增加了废水处理的难度。例如，有机磷农药分子中含有磷元素，其化学性质活泼，在环境中可能发生水解、氧化等多种反应；而拟除虫菊酯类农药则具有较高的脂溶性，容易在生物体脂肪组织中积累。其次，农药生产过程中使用了大量的有机溶剂，如苯、甲苯、二甲苯等。这些有机溶剂不仅本身具有毒性，而且与农药原药相互溶解，形成复杂的有机体系。它们在废水中的存在，改变了废水的物理和化学性质，使得废水的处理变得更加棘手。例如，苯系有机溶剂具有挥发性，在废水处理过程中可能会逸出到空气中，造成空气污染。此外，农药废水还含有各种中间体和副产物。在农药合成反应中，由于反应的不完全性和副反应的发生，会产生一系列中间体和副产物。这些物质的结构和性质往往不明确，有些甚至具有更强的毒性和生物活性。例如，某些中间体可能具有致癌、致畸、致突变的潜在风险，对生态环境和人体健康构成严重威胁。

2.2 毒性高

农药废水的高毒性是其显著特点之一，这主要源于农药本身的化学性质和作用机制。许多农药的设计初衷就是为了杀灭或抑制有害生物的生长，因此它们对生物体具有较强的毒性。以有机磷农药为例，其作用机制是抑制生物体内的乙酰胆碱酯酶活性，导致乙酰胆碱在神经突触处大量积累，从而干扰神经系统的正常功能，引起中毒症状，严重时可导致生物体死亡。这种毒性不仅针对害虫，对其他非靶标生物，如鸟类、鱼类、昆虫天敌等同样具有杀伤力。一些农药具有持久性和生物累积性，这进一步加剧了其毒性危害。例如，滴滴涕 (DDT) 等有

机氯农药，化学性质稳定，在环境中难以降解，能够在土壤、水体和生物体中长期存在。它们会随着食物链的传递而不断累积，在生物体内的浓度逐渐升高。处于食物链顶端的生物，如人类和大型肉食动物，由于长期摄入含有农药的食物，体内农药累积量可能达到很高的水平，从而对健康造成严重损害。研究表明，长期接触有机氯农药可能会导致癌症、内分泌紊乱、免疫系统受损等多种健康问题。此外，农药废水中还可能含有重金属等有毒有害物质。在农药生产过程中，一些原料或催化剂中含有重金属元素，如铅、汞、镉、铬等。这些重金属具有很强的毒性，它们在环境中不会被降解，只会发生形态转化和迁移。重金属进入生物体后，会与生物体内的蛋白质、酶等生物大分子结合，破坏其结构和功能，导致生物体生理功能紊乱。例如，铅会影响人体神经系统的发育，汞会损害肾脏和神经系统，镉会导致骨质疏松和肾功能衰竭等。

2.3 可生化性差

农药废水可生化性差是制约其有效处理的关键因素。许多农药分子具有复杂的化学结构和稳定的化学键，这使得它们难以被微生物直接分解利用。例如，一些含有多环芳烃、杂环化合物等结构的农药，由于其分子的刚性和稳定性，微生物难以找到合适的的作用位点进行代谢。这些复杂结构的农药在环境中能够长期存在，不易被自然降解，从而导致废水的可生化性降低。部分农药具有抗微生物特性，会对微生物的生长和代谢产生抑制作用。微生物在降解有机物的过程中，需要依靠自身分泌的酶来催化化学反应。然而，一些农药能够与微生物体内的酶结合，使其活性降低甚至失活，从而阻碍微生物的正常代谢活动。例如，某些杀菌剂能够直接抑制微生物细胞的生长和分裂，使得微生物无法发挥降解污染物的功能。即使在有足够营养物质和适宜环境条件的情况下，由于微生物活性受到抑制，农药废水的生化处理效果也会大打折扣。另外，农药废水中的有机成分往往与其他物质形成复杂的络合物或胶体体系，这也影响了微生物对有机物的接触和利用。这些络合物和胶体体系会包裹住有机污染物，使其难以被微生物表面的吸附位点所识别和结合。同时，废水中可能存在的高盐度、高酸碱性等极端环境条件，也会进一步抑制微生物的生长和代谢活性，导致微生物对农药废水中有机物的降解能力下降。可生化性差意味着传统的生化处理方法在处理农药废水时效率较低，需要采用更加复杂和特殊的处理工艺，增加了处理成本和难度。

3 农药废水生化处理策略

3.1 预处理强化可生化性

农药废水因其成分复杂、毒性高且可生化性差等特点，直接进行生化处理往往效果不佳。因此，预处理成为改善其可生

化性、提升后续生化处理效果的关键步骤。物理预处理方法是基础手段之一。通过过滤，能够去除废水中的悬浮固体杂质，防止其堵塞后续处理设备和影响微生物的生长环境。沉淀则可使密度较大的颗粒物质沉降，降低废水的浊度。而气浮技术能利用微小气泡吸附废水中的油类和细小悬浮物，使其浮出水面得以分离。这些物理方法虽不能直接改变农药的化学结构，但能有效降低废水的杂质含量，为后续处理创造良好条件。化学预处理在改善可生化性方面发挥着更为关键的作用。水解酸化是常用的方法之一，在酸性或碱性条件下，通过控制反应时间和温度，促使农药分子中的某些化学键断裂，将大分子有机物转化为小分子有机物，提高废水的可生化性。例如，一些含有酯键的农药在水解作用下，分解为相对容易被微生物利用的有机酸和醇类。另外，高级氧化技术也是强有力的手段，如芬顿氧化法，利用亚铁离子和过氧化氢反应产生的羟基自由基，具有极强的氧化性，能够无选择性地氧化分解废水中的有机污染物，将难降解的农药转化为可生化性更好的中间产物。臭氧氧化同样具有高效的氧化能力，能破坏农药分子的结构，降低其毒性。此外，采用吸附法对农药废水进行预处理也有显著效果。活性炭具有巨大的比表面积和丰富的孔隙结构，能够有效吸附废水中的农药和其他有机污染物。一些新型的吸附材料，如离子交换树脂、石墨烯基吸附剂等，对特定农药具有更高的吸附选择性和吸附容量，能针对性地去除废水中的目标污染物，进一步提高废水的可生化性，为后续生化处理奠定坚实基础。

3.2 优化微生物群落

在农药废水生化处理中，微生物群落的优化是提高处理效果的核心环节。合适的微生物群落能够更有效地降解废水中的农药污染物，增强系统的稳定性和适应性。首先，筛选和培育优势降解菌种是关键。自然界中存在着许多具有特殊降解能力的微生物，通过从受农药污染的土壤、水体等环境中采样，利用富集培养技术，在含有特定农药的培养基中筛选出能够以该农药为碳源或氮源生长的微生物菌株。例如，假单胞菌属中的某些菌株对多种有机磷农药具有较强的降解能力，芽孢杆菌属的一些菌种能够分解特定的氨基甲酸酯类农药。经过分离、纯化和驯化后，这些优势菌种可以接种到生化处理系统中，成为降解农药的主力军。其次，构建复合微生物体系能够发挥不同微生物之间的协同作用。单一的微生物菌株往往只能降解特定类型的农药，而农药废水成分复杂，含有多种不同的污染物。因此，将多种具有不同降解功能的微生物组合在一起，形成复合微生物体系，可以拓宽对农药废水的降解谱。

3.3 精准调控环境条件

在农药废水生化处理过程中，精准调控环境条件对于微生物

的生长和代谢以及处理效果的提升至关重要。温度是影响微生物活性的关键环境因素之一。不同的微生物有其适宜的生长温度范围，一般中温微生物在 20 - 40℃ 之间活性较高。在这个温度区间内，微生物体内的酶促反应能够顺利进行，代谢速率较快，对农药废水的降解能力也较强。当温度低于 10℃ 时，微生物的代谢活动明显减缓，酶活性降低，导致处理效率大幅下降。而温度过高超过 45℃，微生物体内的蛋白质和酶可能会变性失活，微生物甚至会死亡。因此，在实际处理过程中，需要根据季节变化和废水的初始温度，通过加热或冷却装置，将生化处理系统内的温度精确控制在适宜范围内，以保证微生物的最佳活性。pH 值同样对微生物的生长和代谢有着重要影响。大多数好氧微生物适宜在 pH 值为 6.5 - 8.5 的环境中生长，而厌氧微生物则更适应 pH 值在 6.0 - 7.5 的范围。这是因为 pH 值会影响微生物细胞膜的电荷性质和通透性，进而影响营养物质的吸收和代谢产物的排出。

3.4 智能优化运行参数

在农药废水生化处理系统中，智能优化运行参数是提高处理效率、降低运行成本、确保系统稳定运行的重要手段。停留时间是一个关键的运行参数。它决定了废水在生化处理系统中与微生物接触反应的时长。不同类型的农药废水以及不同的生化处理工艺，所需的停留时间差异较大。如果停留时间过短，农药废水中的有机物来不及被微生物充分降解，就会导致出水水质不达标。例如，对于一些成分复杂、难降解的农药废水，可能需要较长的停留时间，有时甚至达到几十小时，才能保证污染物的有效去除。

结语

综上所述，农药废水生化处理是一个复杂的过程，受到水质特性、微生物群落、环境条件和运行参数等多种关键因素的综合影响。了解和掌握这些因素对生化处理效果的作用机制，有助于在实际工程中采取针对性的措施来优化处理工艺。通过合理调整废水的水质，筛选和培育优势微生物菌群，控制适宜的环境条件以及优化运行参数，可以提高农药废水生化处理系统的效率和稳定性，实现农药废水的有效治理和达标排放。未来，还需要进一步深入研究这些关键影响因素之间的相互作用关系，开发更加高效、稳定的农药废水生化处理技术。

[参考文献]

- [1] 锦纶生产废水的深度处理研究. 树伟; 陈季华; 张曼. 江苏环境科技, 2006 (S2)
- [2] 电渗析深度处理甘氨酸生产废水的应用研究. 刘三六; 姚红; 赵信文; 周祖尧. 山东化工, 2017 (07)